เศรษฐศาสตร์เกษตร
และทรัพยากร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4
การผลิตที่ใช้ปัจจัยผันแปรมากกว่าหนึ่งชนิด
(Production with more than One Variable Inputs)

หัวข้อ

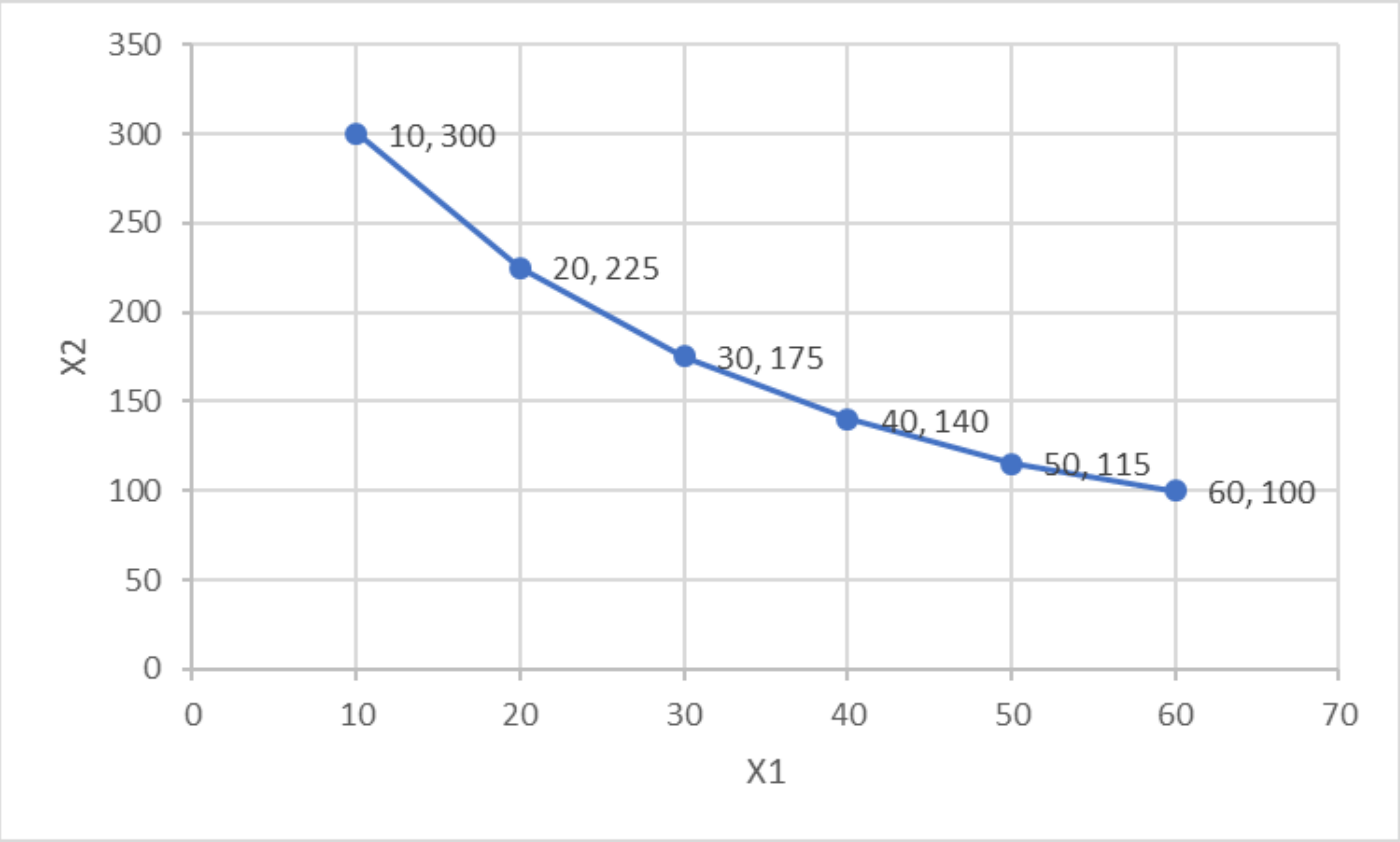
- ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยผันแปรสองชนิดกับผลิตผล
- เส้น Isoquant
- เส้น Ridge line และ Isocline
- เส้น Isocost
- การวิเคราะห์ส่วนผสมของปัจจัยการผลิตที่ก่อให้เกิด Least cost combination
- เส้นขยายการผลิต (Expansion path)
- Expansion path & Maximize Profit
- การหาสมการอุปสงค์ของปัจจัย กรณีปัจจัยการผลิต 2 ชนิด

4.1 เส้นผลผลิตเท่ากัน (Isoquant Curve)

- กำหนดให้ X_1 และ X_2 คือปัจจัยผันแปร และ $X_3, \ldots, X_n$ เป็นปัจจัยคงที่ที่ใช้ในการผลิตผลผลิต Y ฟังก์ชันการผลิตเขียนได้ดังนี้

$$Y = f(X_1, X_2 \mid X_3, \ldots, X_n)$$

X1	X2	ΔX1	ΔX2	MRS12
10	300	-	-	
20	225	10	-75	-7.5
30	175	10	-50	-5
40	140	10	-35	-3.5
50	115	10	-25	-2.5
60	100	10	-15	-1.5



- เส้นผลผลิตเท่ากัน คือ เส้นที่เชื่อมจุดต่างๆ ทั้งหมด ซึ่งแทนส่วนผสมระหว่างปัจจัยการผลิตทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว ในกระบวนการผลิตหนึ่ง ซึ่งให้ผลผลิตปริมาณเท่ากันทุกจุด

AGRICULTURAL AND RESOURCE ECONOMICS
KASETSART UNIVERSITY

นายเคนใช้ปุ๋ยฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยโปแตสเซียมในอัตราส่วนผสมต่างๆ กัน ดังนี้

		ฟอสเฟต (กก./ไร่)								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
โปแตสเซียม (กก./ไร่)	0	96	98	99	99	98	97	95	92	88
	10	98	101	103	104	105	105	103	101	99
	20	101	104	106	108	109	110	110	109	106
	30	103	107	111	114	117	119	120	121	121
	40	104	109	113	117	121	123	126	128	129
	50	104	111	116	121	125	127	129	131	133
	60	103	112	118	123	126	128	130	131	134
	70	102	111	117	123	126	127	131	136	135
	80	101	108	114	119	119	125	129	131	134

4.2 การทดแทนกันของปัจจัยการผลิต

- กำหนดให้ X_1 และ X_2 คือปัจจัยผันแปรในการผลิตผลผลิต Y
- ณ ปริมาณผลผลิตคงที่ระดับหนึ่ง ปัจจัยการผลิต X_1 และ X_2 ถูกใช้ร่วมกันในอัตราที่แตกต่างกัน แต่ยังคงได้รับผลผลิตเท่ากัน นั่นคือ ปัจจัยการผลิตทั้งสองชนิดมีการใช้ทดแทนกัน

อัตราการทดแทนกันของปัจจัยการผลิต

(Marginal Rate of Input Substitution: MRS)

$$MRS_{12} = \frac{\Delta X_2}{\Delta X_1} = -\frac{MPP_{x1}}{MPP_{x2}} \qquad ; X_1 \text{ for } X_2$$

$$MRS_{21} = \frac{\Delta X_1}{\Delta X_2} = -\frac{MPP_{x2}}{MPP_{x1}} \qquad ; X_2 \text{ for } X_1$$

แบบฝึกหัด

กำหนดฟังก์ชันการผลิต $Y = 0.5X_1 + X_2$

จงคำนวณหา MRTS of X_1 for X_2 (MRS_{12}) และหาค่าของ Y ตามสัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ พร้อมทั้งวาดกราฟเส้นผลผลิตเท่ากัน

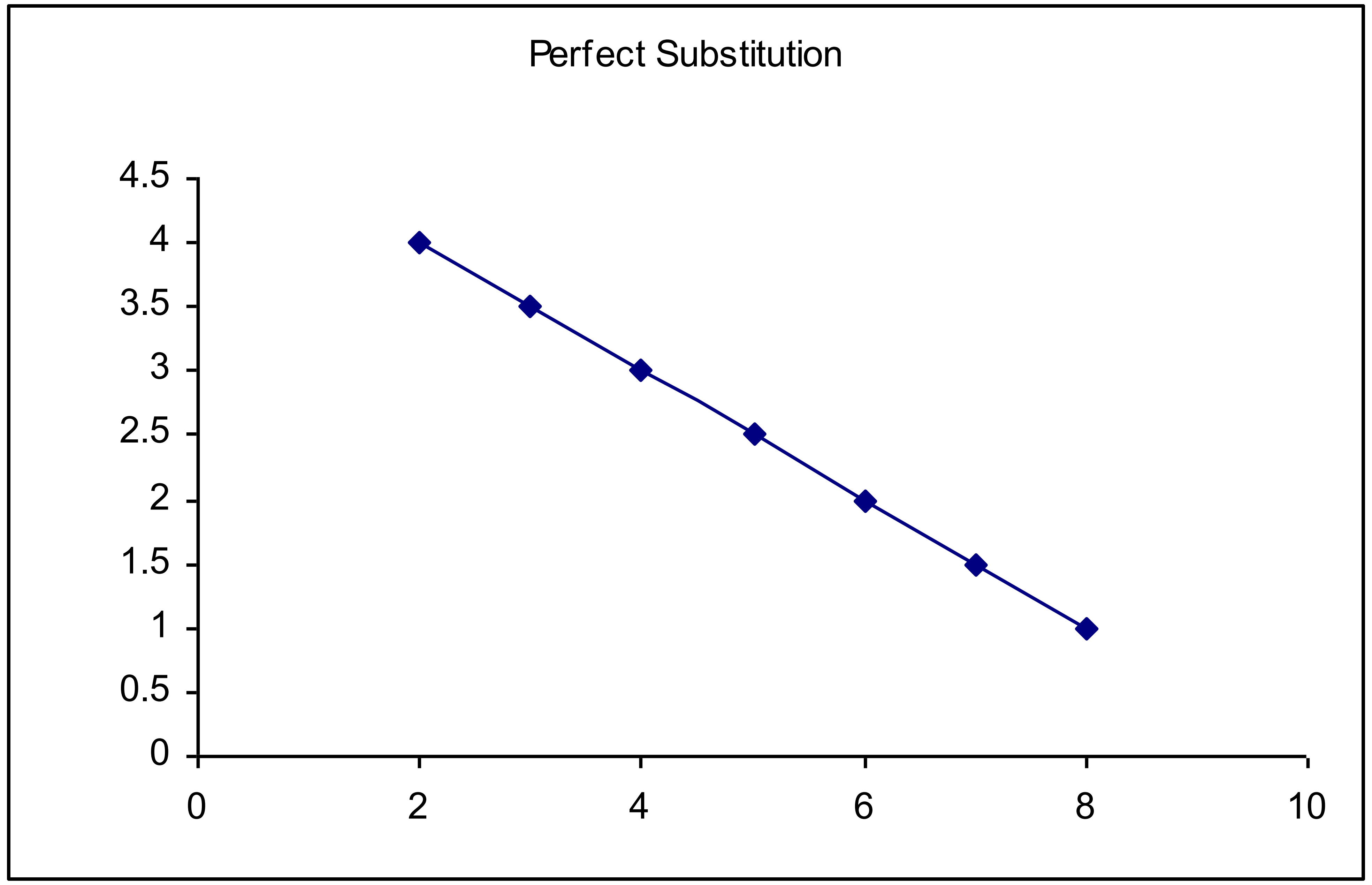
X1	X2	Δ X1	Δ X2	MRS_{12}	Y
2	4				
3	3.5				
4	3				
5	2.5				
6	2				
7	1.5				
8	1				

แบบฝึกหัด

กำหนดฟังก์ชันการผลิต $Y = 0.5X_1 + X_2$

จงคำนวณหา MRTS of X_1 for X_2 (MRS_{12}) และหาค่าของ Y ตามสัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ พร้อมทั้งวาดกราฟเส้นผลผลิตเท่ากัน

X1	X2	Δ X1	Δ X2	MRS_{12}	Y
2	4	-	-	-	5
3	3.5	1	-0.5	-0.5	5
4	3	1	-0.5	-0.5	5
5	2.5	1	-0.5	-0.5	5
6	2	1	-0.5	-0.5	5
7	1.5	1	-0.5	-0.5	5
8	1	1	-0.5	-0.5	5



แบบฝึกหัด

กำหนดฟังก์ชันการผลิต $$Y = 16X_2 - X_1^2 + 18X_1 - X_1^2$$

จงคำนวณหา MRTS of X1 for X2 (MRS12) และหาค่าของ Y ตามสัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ พร้อมทั้งวาดกราฟเส้นผลผลิตเท่ากัน

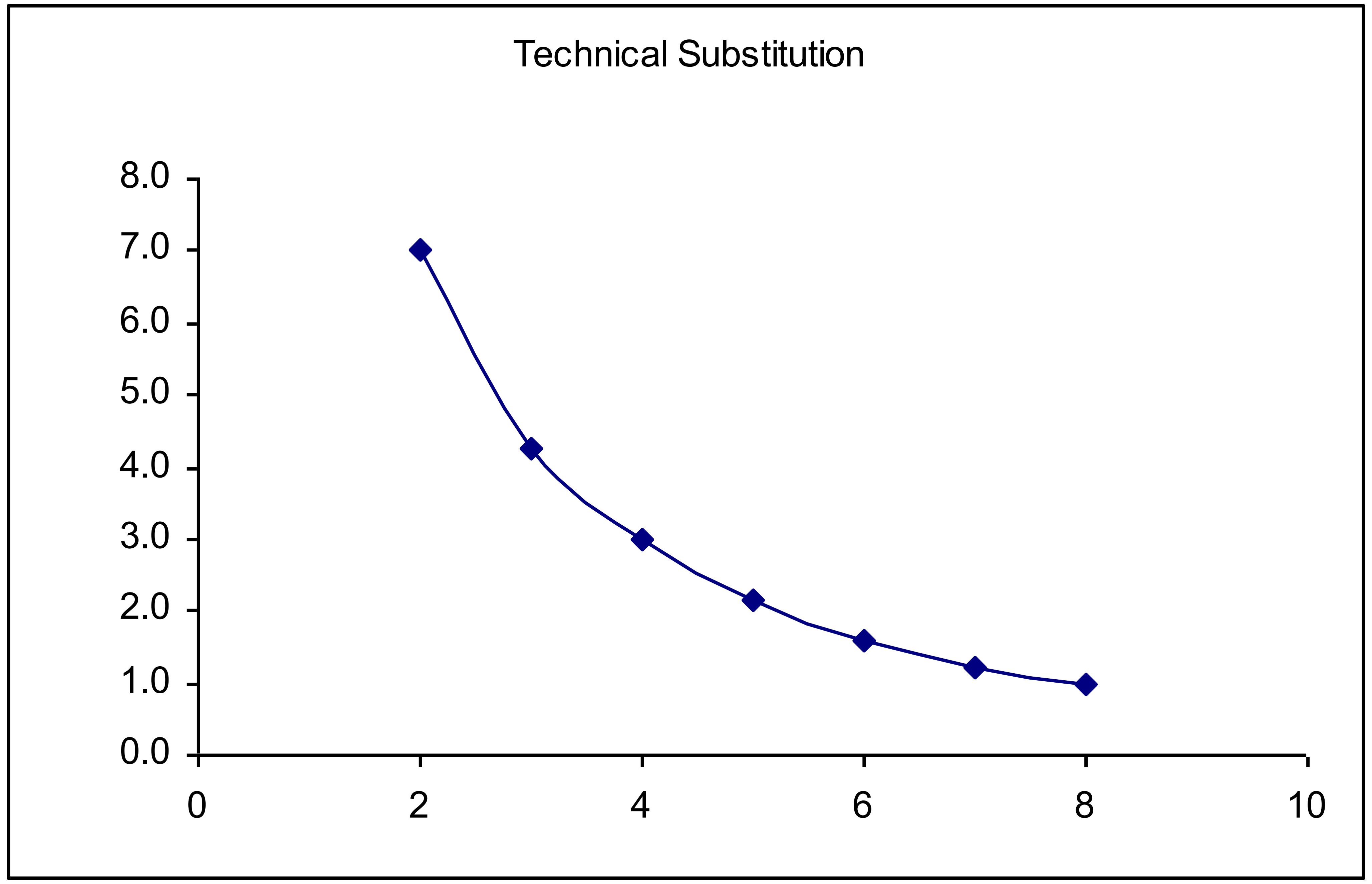
X1	X2	Δ X1	Δ X2	MRS_{12}	Y
2	7.0				
3	4.3				
4	3.0				
5	2.2				
6	1.6				
7	1.2				
8	1.0				

แบบฝึกหัด

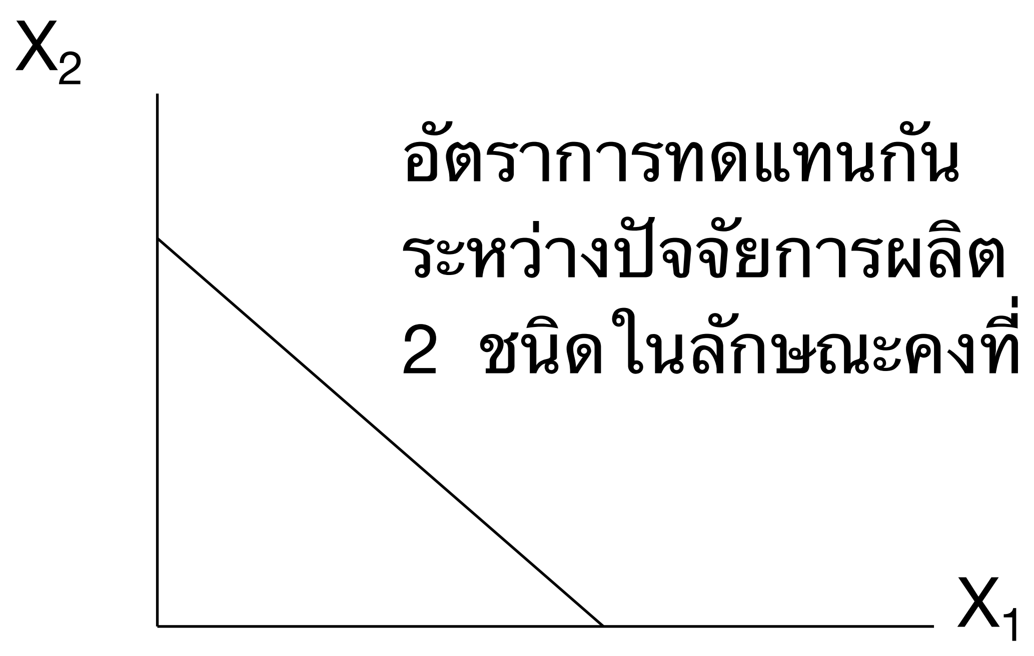
กำหนดฟังก์ชันการผลิต $Y = 16X_2 - X_1^2 + 18X_1 - X_1^2$

จงคำนวณหา MRTS of X1 for X2 (MRS12) และหาค่าของ Y ตามสัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ พร้อมทั้งวาดกราฟเส้นผลผลิตเท่ากัน

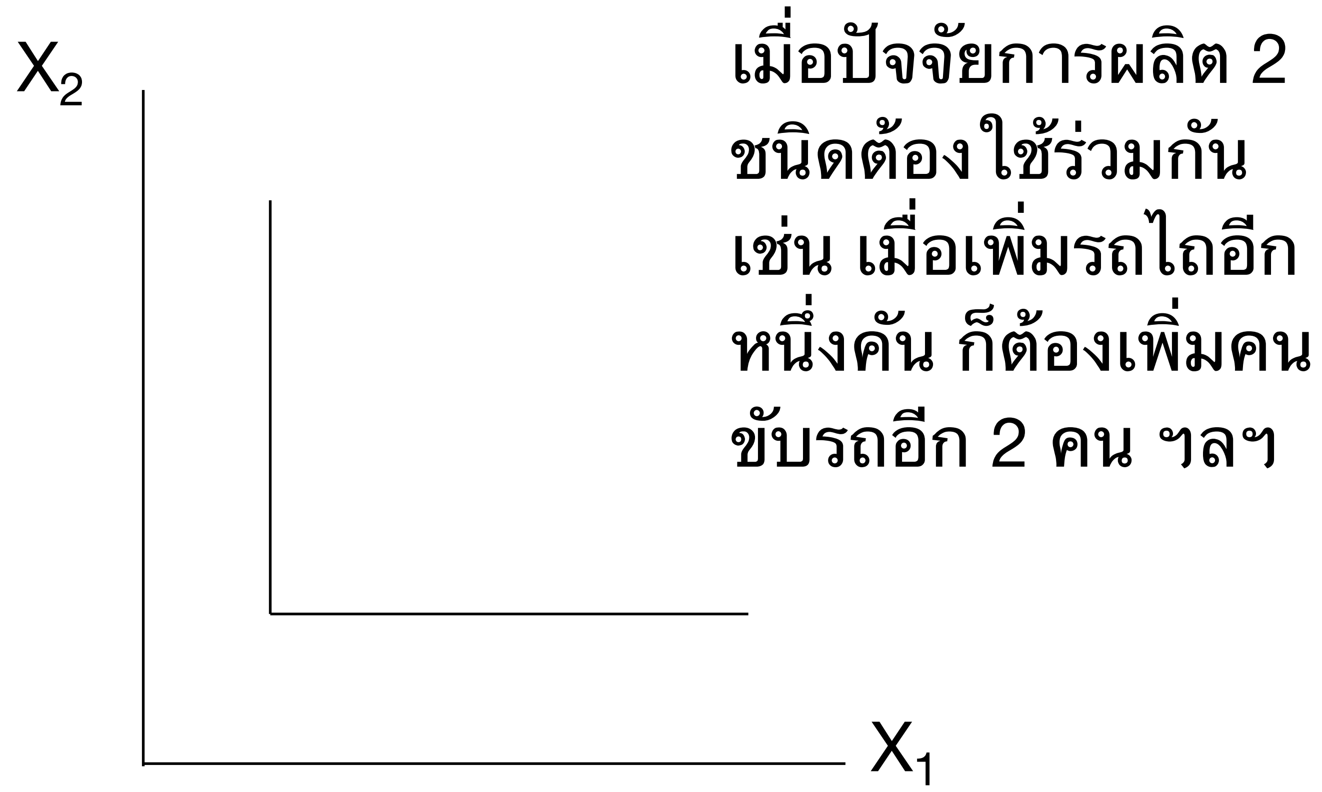
X1	X2	Δ X1	Δ X2	MRS_{12}
2	7.0	-	-	-
3	4.3	1	-2.7	-2.7
4	3.0	1	-1.3	-1.3
5	2.2	1	-0.08	-0.8
6	1.6	1	-0.6	-0.6
7	1.2	1	-0.4	-0.4
8	1.0	1	-0.2	-0.2



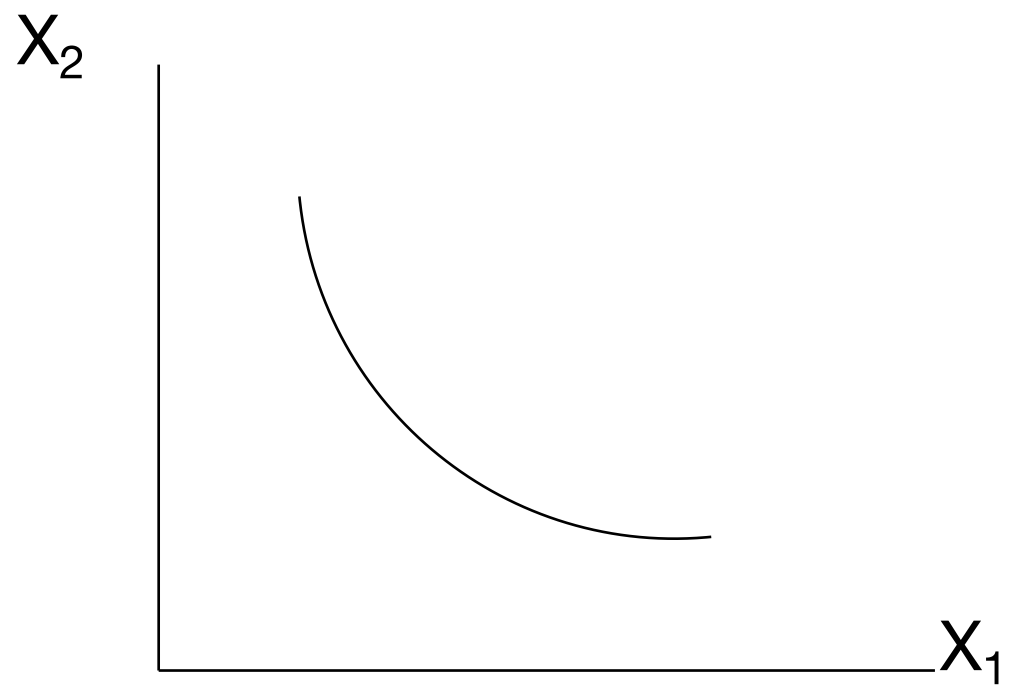
4.3 เส้นผลผลิตเท่ากัน (Isoquant line)



การทดแทนกันโดยสมบูรณ์ (Perfect Substitutes)



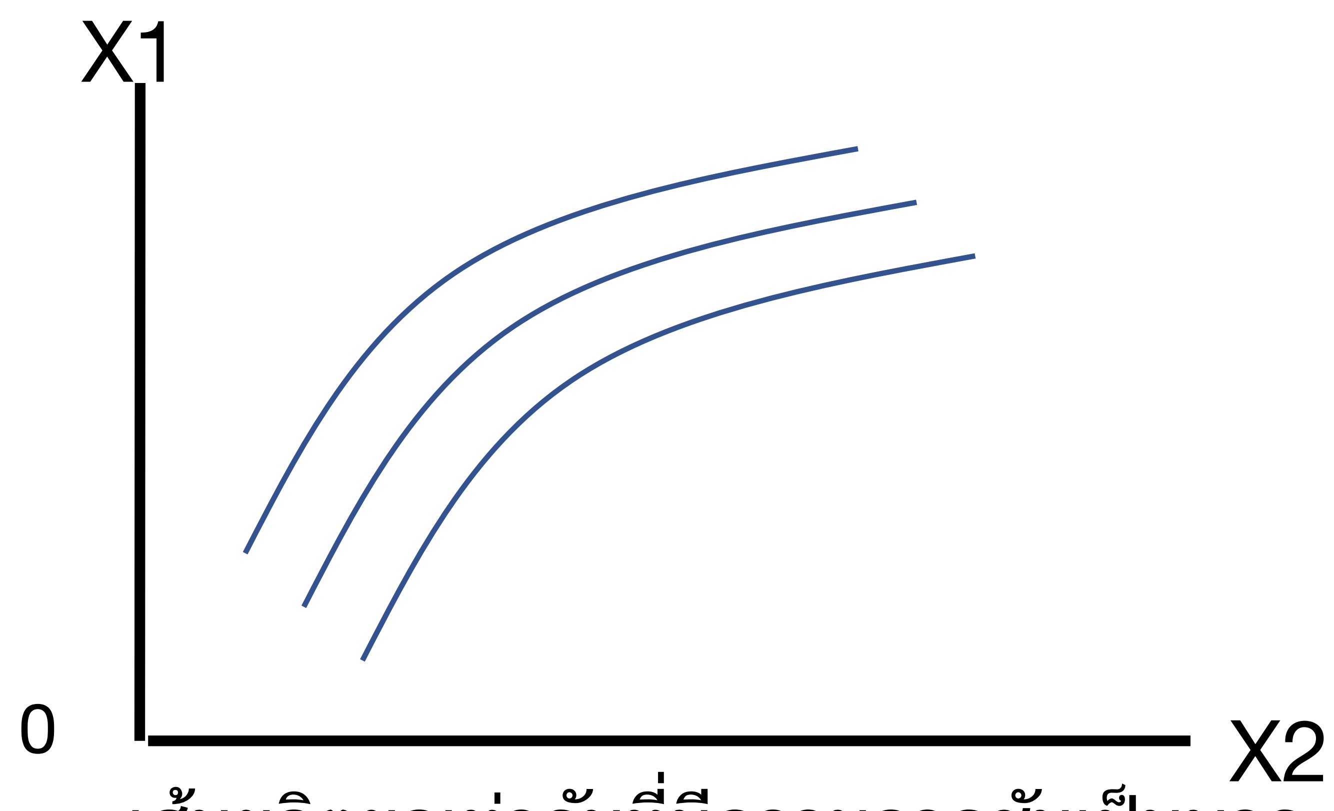
การใช้ประกอบกันโดยสมบูรณ์ (Perfect Complement)



การทดแทนกันไม่สมบูรณ์ (Imperfect Substitutes)

MRS_{12} keeps decreasing

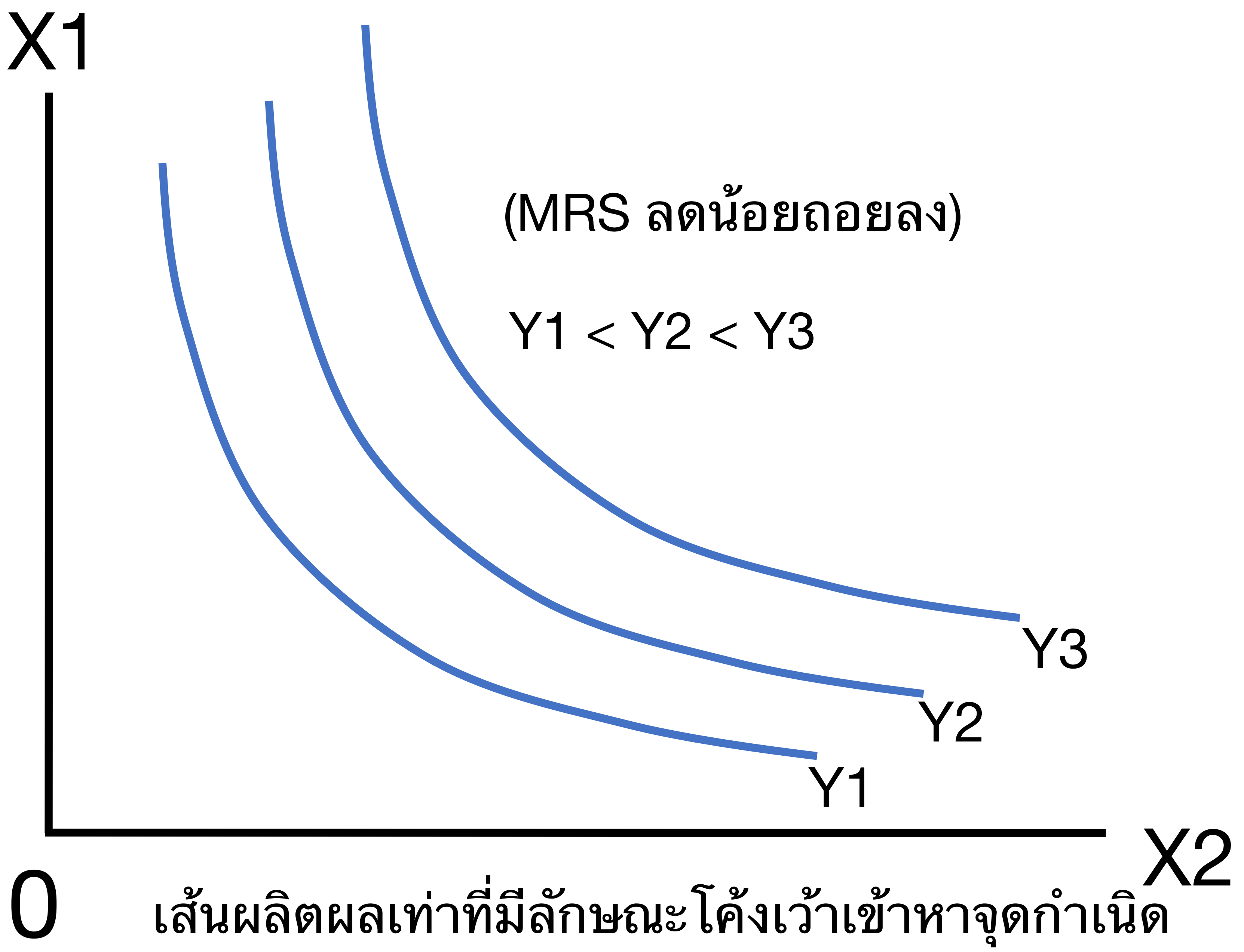
“The Law of Diminishing Marginal Rate of Substitution”



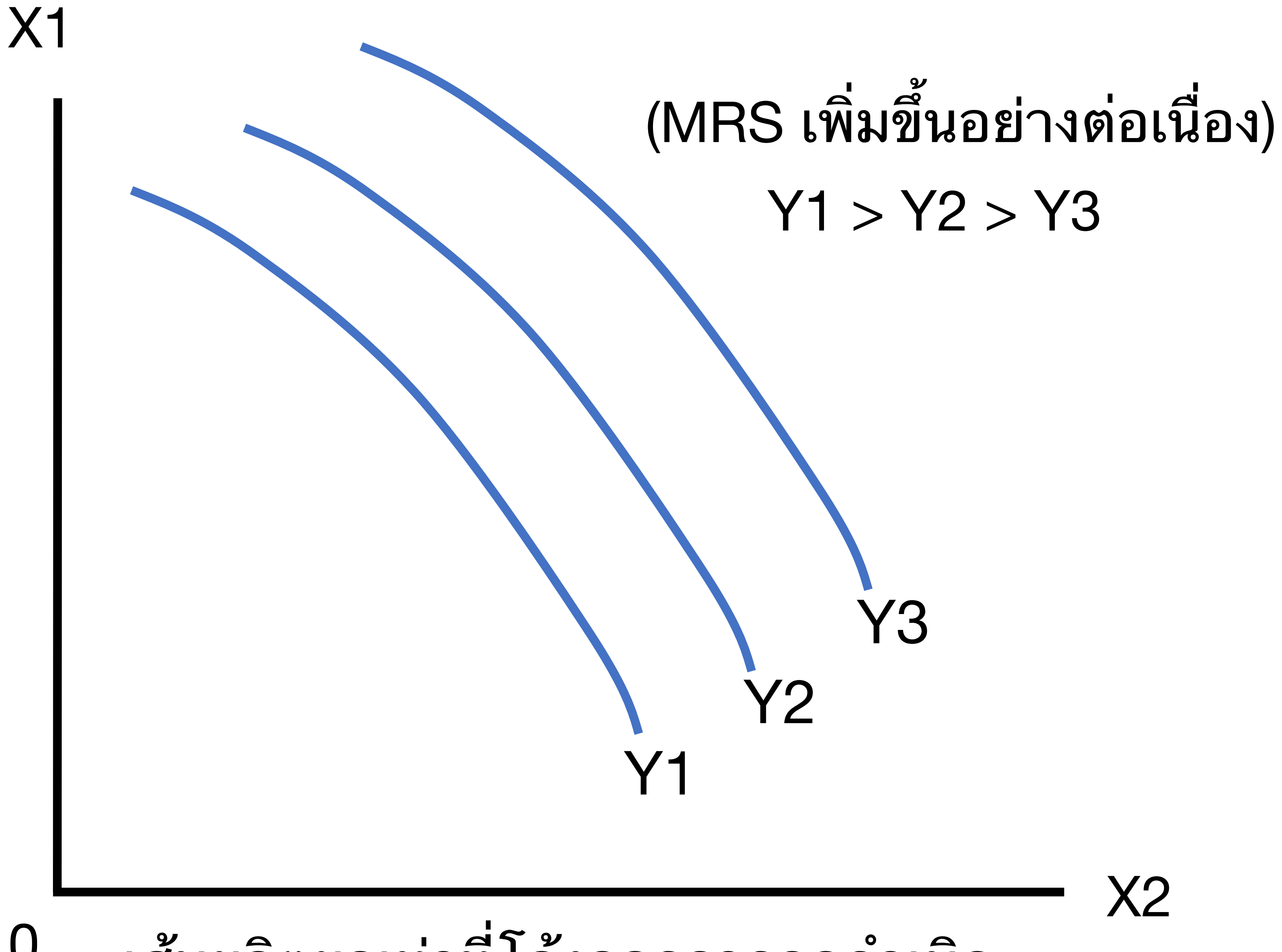
เส้นผลิตผลเท่ากันที่มีความลาดชันเป็นบวก

เมื่อเพิ่มปัจจัยการผลิตเพียงชนิดเดียว ผลผลิตจะลดลง ต้องเพิ่ม
ปัจจัยการผลิตอีกชนิดหนึ่งเข้าไปด้วย ผลผลิตจึงจะยังคงเดิม

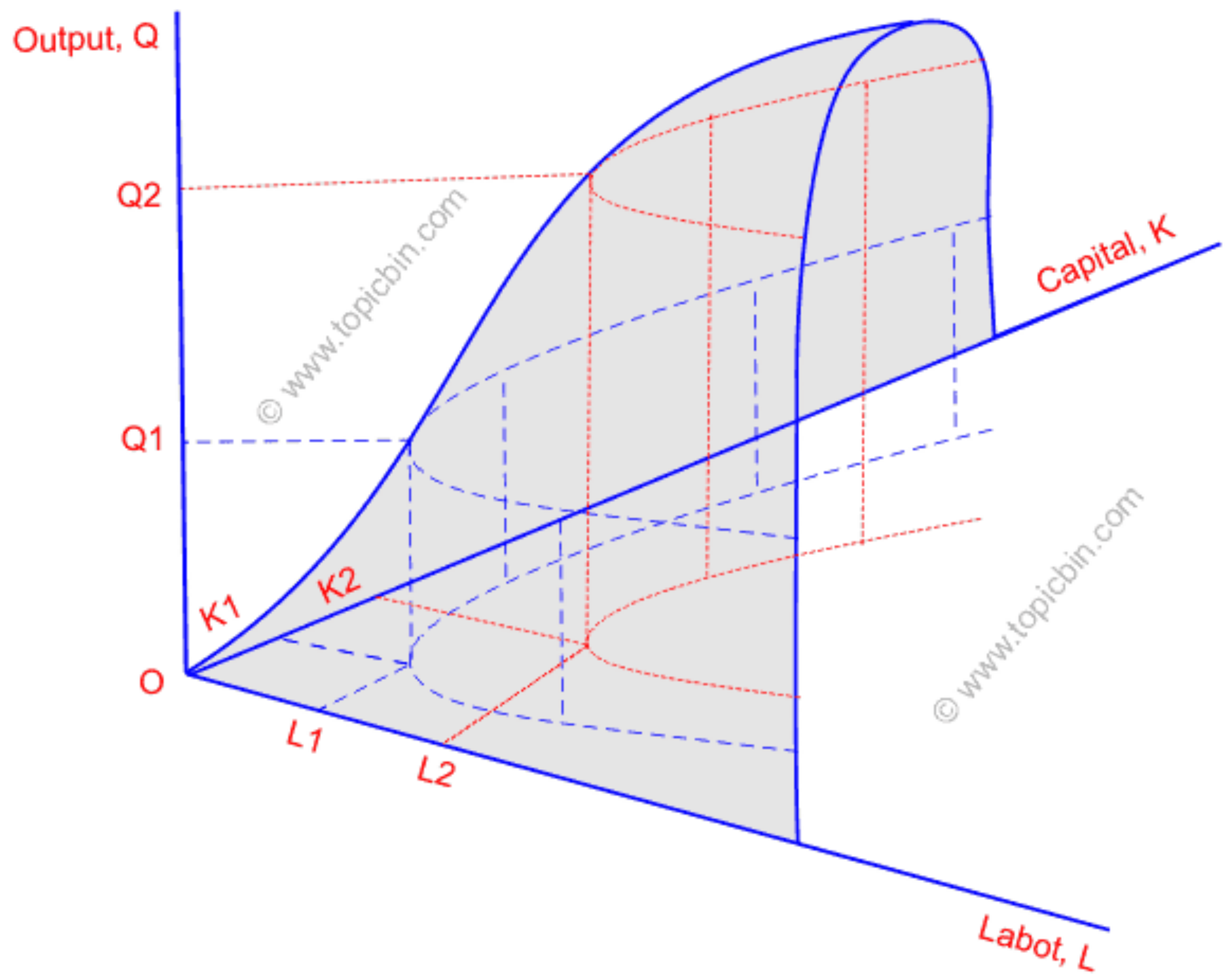
4.3 เส้นผลผลิตเท่ากัน (Isoquant line)



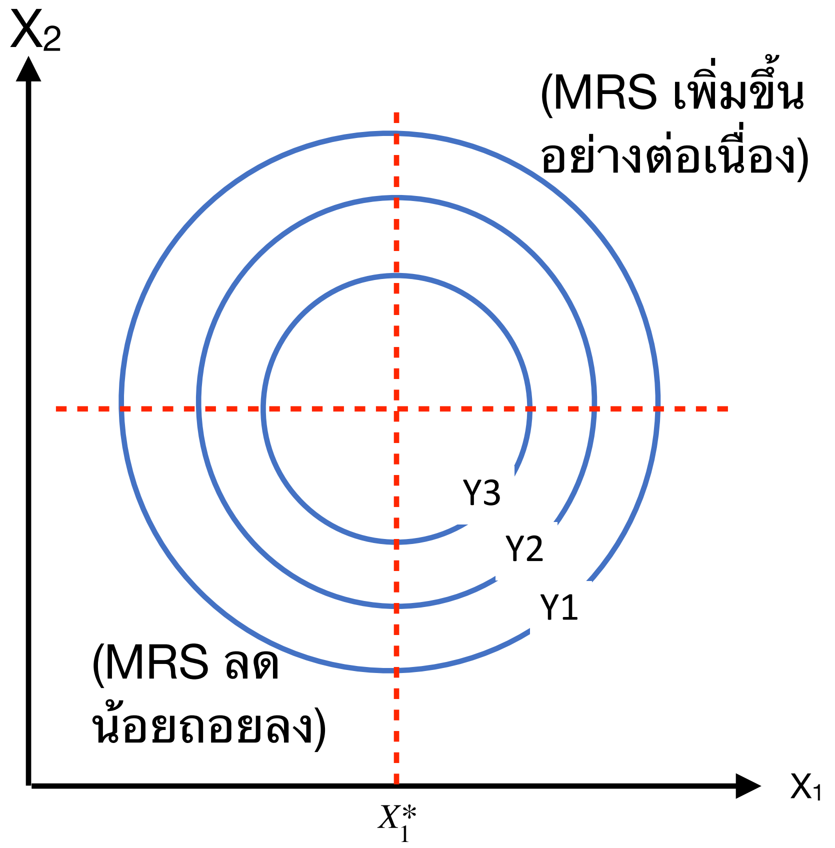
เส้นผลิตผลเท่าที่มีลักษณะโค้งเว้าเข้าหาจุดกำเนิด



เส้นผลิตผลเท่าที่โค้งออกจากจุดกำเนิด



ภาพตัดขวาง



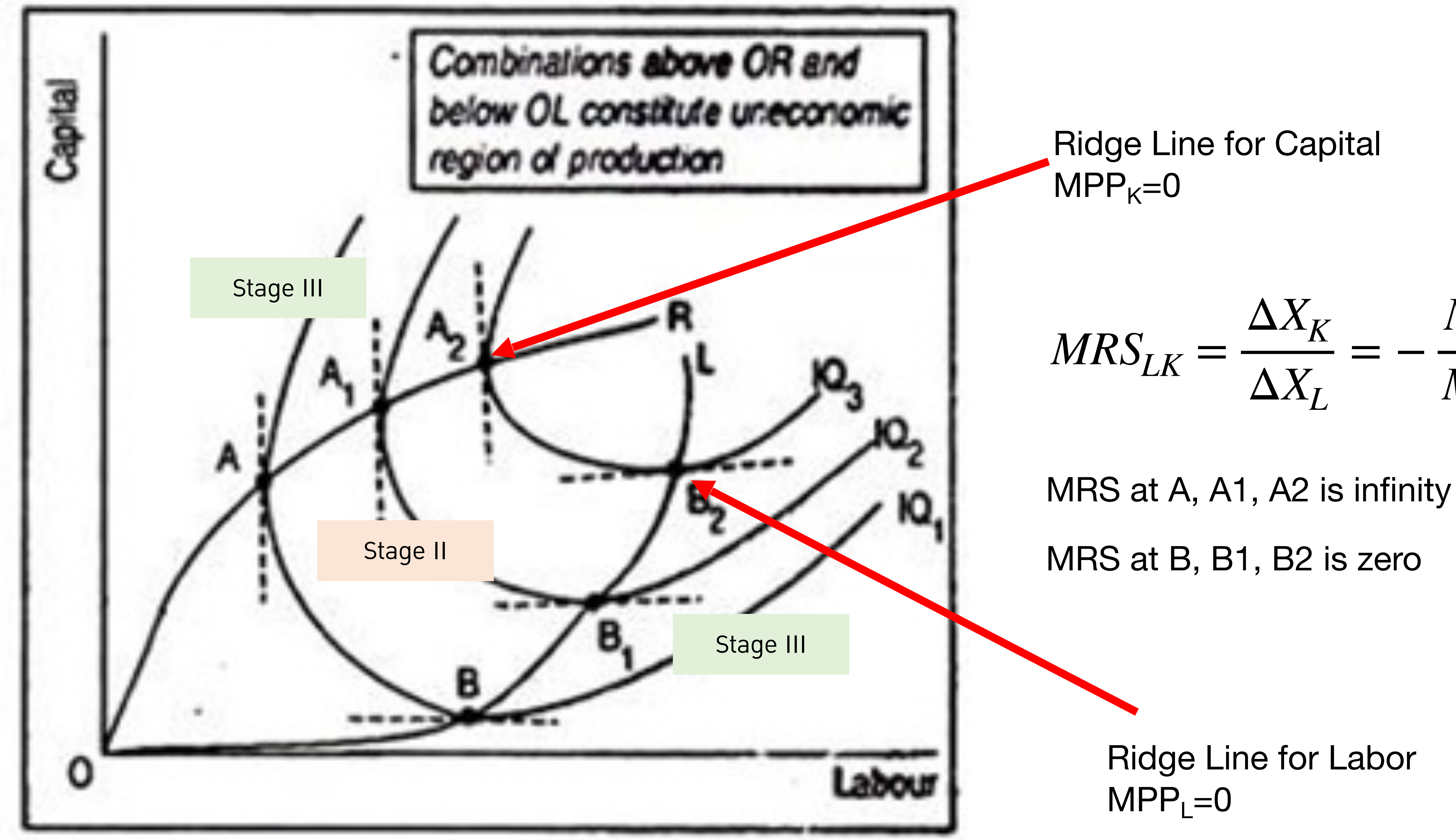
อัตราการทดแทนกันระหว่างปัจจัยการผลิต 2 ชนิด ในลักษณะลดน้อยถอยลง

อัตราการทดแทนกันระหว่างปัจจัยการผลิต 2 ชนิดในลักษณะเพิ่มขึ้น นั่นคือการใช้ปัจจัยการผลิตทั้ง 2 ชนิดร่วมกันจะทำให้ผลิตภาพของการใช้ปัจจัยการผลิตลดลง

4.3 เส้นผลผลิตเท่ากันและเส้นริดจ์

AGRICULTURAL AND RESOURCE ECONOMICS
KASETSART UNIVERSITY

- เนื่องจากผู้ผลิตไม่ดำเนินการผลิต หาก MPP มีค่าเป็นลบ
- จุดบนเส้น Isoquants ที่ marginal products เท่ากับ 0 (จุดที่ให้ผลผลิตสูงสุด) สามารถเชื่อมต่อกันเป็นเส้นริดจ์ (Ridge Lines)
- เส้นริดจ์บอกขอบเขตการใช้ปัจจัยการผลิตที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพทางการผลิต เรียกว่า ขอบเขตของการผลิตเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Region of Production)
  - หากปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตอยู่นอกเส้นริดจ์ ผลผลิตจะลดลง (MPP มีค่าเป็นลบ) นั่นคือ มีปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตที่มากเกินไป



$$MRS_{LK} = \frac{\Delta X_K}{\Delta X_L} = -\frac{MPP_L}{MPP_K}$$

MRS at A, A1, A2 is infinity

MRS at B, B1, B2 is zero

เส้น Ridge line เป็นเส้นแสดงเขตแดนของการใช้ปัจจัยการผลิต 2 ชนิด ณ จุดที่เมื่อมีการใช้ปัจจัยการผลิตใดปัจจัยหนึ่งในขณะที่การใช้ปัจจัยอีกชนิดหนึ่งคงที่แล้ว ทำให้ได้รับผลผลิตสูงสุด

Source: http://www.economicsdiscussion.net/isoquants/notes-on-isoquants-meaning-properties-and-ridge-lines/16852

4.4 การวิเคราะห์ส่วนผสมของปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำสุด (Analysis of Least Cost Combination of Inputs)

Agricultural Production Economics

- เส้นผลผลิตเท่ากัน (Isoquant) – บอกระดับการใช้ปัจจัยการผลิตร่วมกัน
- เส้นต้นทุนเท่ากัน (Isocost) – ข้อจำกัดเพื่อหาปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต ณ จุดต้นทุนต่ำสุด โดยเส้นแสดงงบประมาณที่จำกัดเพื่อใช้ในการซื้อปัจจัยการผลิต ซึ่งงบประมาณดังกล่าวได้ถูกกำหนดให้คงที่

$$C^0 = P_{X_1} * X_1 + P_{X_2} * X_2$$

โดยที่

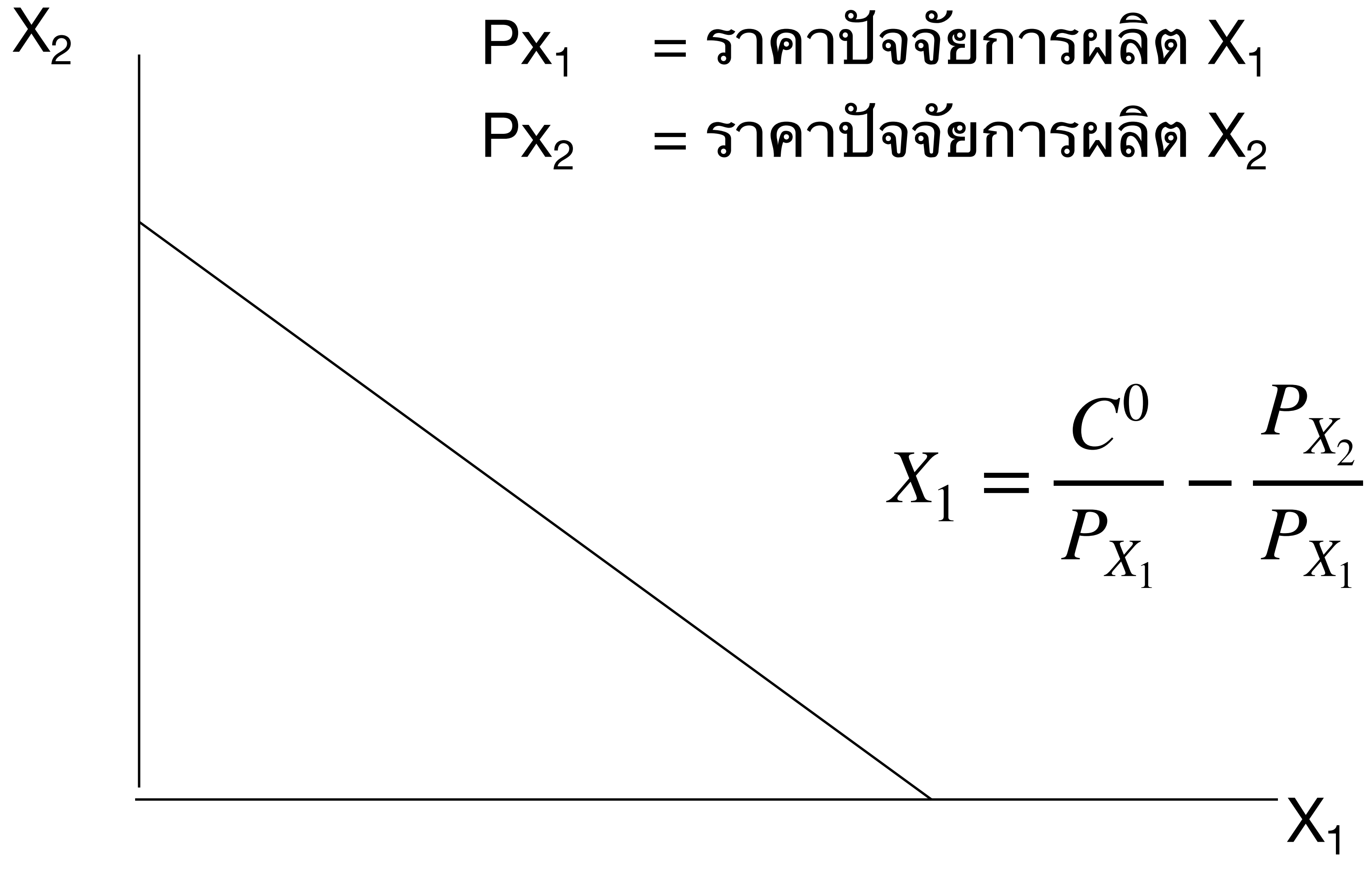
C^0 = งบประมาณหรือต้นทุนที่มีจำนวนจำกัด

Px_1 = ราคาปัจจัยการผลิต X_1

Px_2 = ราคาปัจจัยการผลิต X_2

P_{X1}=20 บาท/กก. **P_{X2}=10 บาท/กก.**

สูตรผสม	จำนวน X1 (กก.)	จำนวน X2 (กก.)	ต้นทุนทั้งหมด (บาท)
1	100	0	2000
2	75	50	2000
3	50	100	2000
4	25	150	2000
5	0	200	2000



$$X_1 = \frac{C^0}{P_{X_1}} - \frac{P_{X_2}}{P_{X_1}} * X_2$$

ค่าความชันของเส้นต้นทุนเท่ากัน

$$\frac{dX_2}{dX_1} = -\frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

แบบฝึกหัด

ลุงเอื้อมีเงินอยู่ 200 บาท Px1 เท่ากับ 10 และ Px2 20 บาทตามลำดับ จำนวนปัจจัยการผลิตที่ลุงเอื้อสามารถซื้อได้แสดงดังนี้

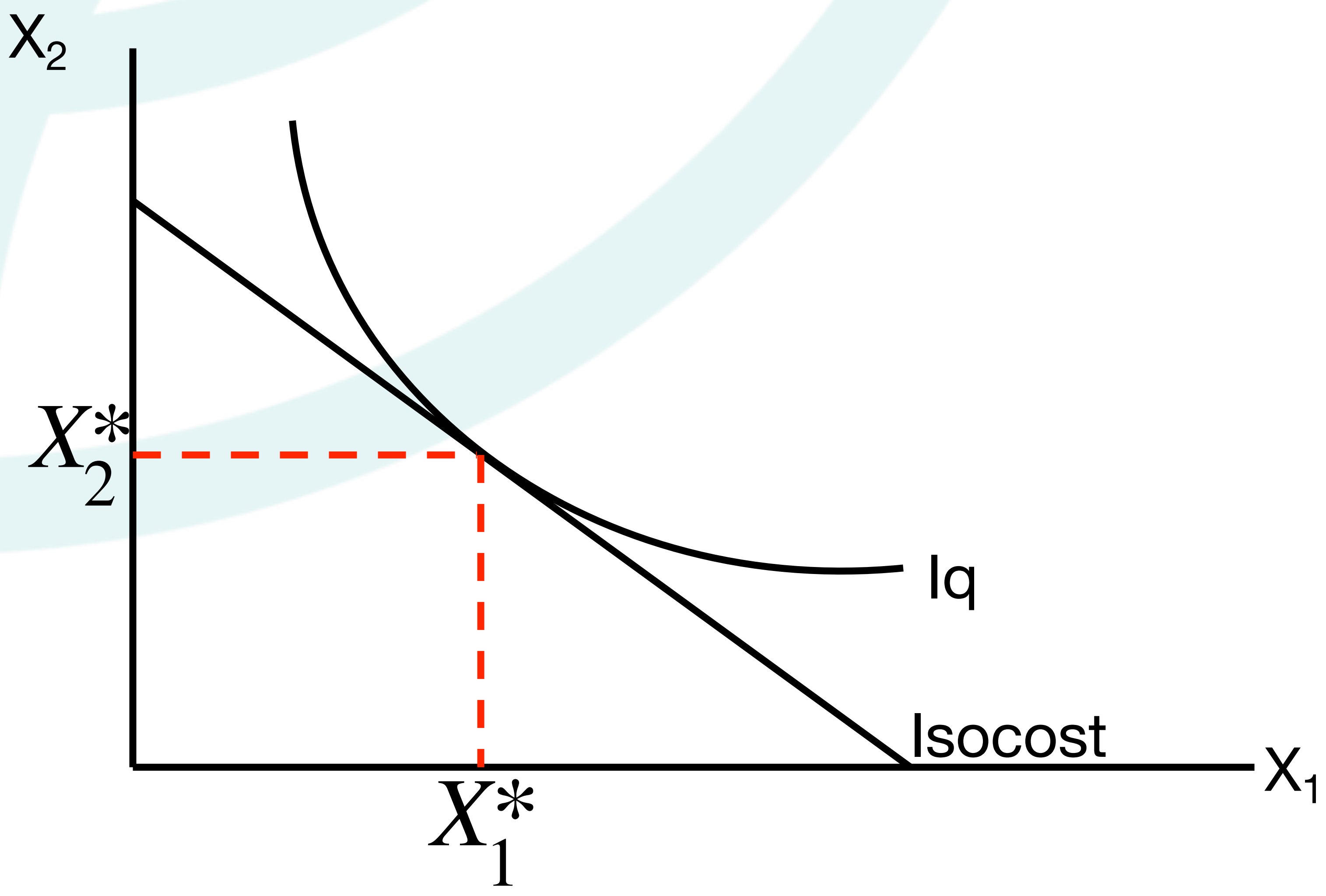
ส่วนผสม	จำนวนปัจจัย		ต้นทุน
	X_1	X_2	C^0
A	40	0	400
B	24	8	400
C	20	10	400
D	12	14	400
E	0	20	400

4.4 การวิเคราะห์ส่วนผสมของปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำสุด (Analysis of Least Cost Combination of Inputs)

Input-input relationship

เงื่อนไขใน**การเลือกระดับการใช้ปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำสุด** คือ เมื่ออัตราส่วนของการทดแทนกันของปัจจัยการผลิตมีค่าเท่ากับอัตราส่วนกลับของราคาปัจจัยการผลิตนั้น นั่นคือ

ความชันของเส้นผลผลิตเท่ากัน = ความชันของเส้นต้นทุนเท่ากัน



$$MRS_{12} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

$$MRS_{12} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

$$\frac{dX_2}{dX_1} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

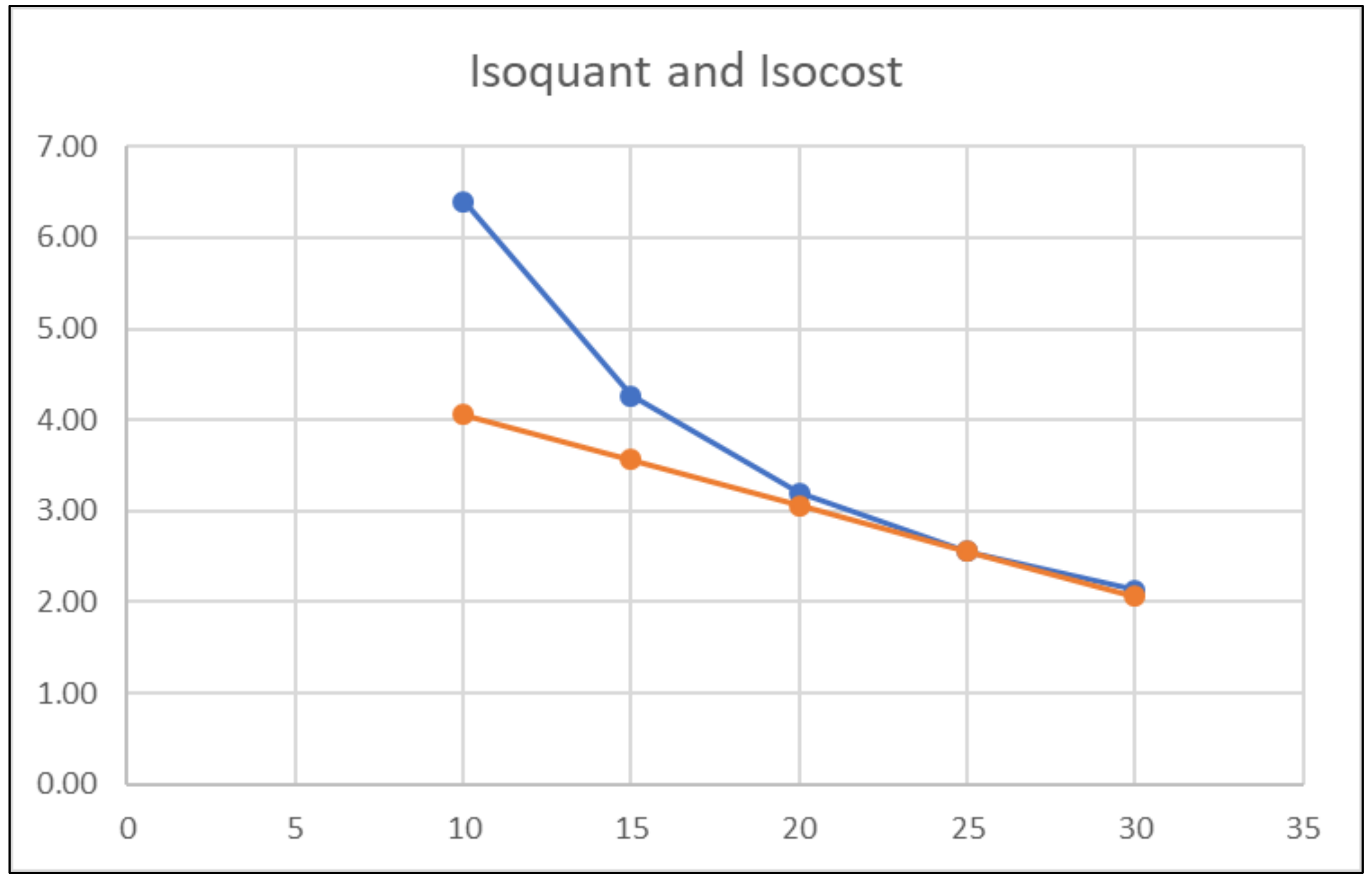
$$\frac{MPP_{X_1}}{MPP_{X_2}} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

ตัวอย่าง

Combination	Isoquant				Isocost	
	X1 (kg)	X2(kg)	MRS12	TVC	X2(kg)	TVC
1	10	6.40	-0.64	7400.00	4.06	5060
2	15	4.27	-0.28	5766.67	3.56	5060
3	20	3.20	-0.16	5200.00	3.06	5060
4	25	2.56	-0.10	5060.00	2.56	5060
5	30	2.13	-0.07	5133.33	2.06	5060

Px1 = 100 บาทต่อหน่วย

Px2= 1000 บาทต่อหน่วย



4.4 การวิเคราะห์ส่วนผสมของปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำสุด (Analysis of Least Cost Combination of Inputs)

- จากเงื่อนไขการหาระดับปัจจัยการผลิตเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

สำหรับปัจจัยการผลิต X_1 : $VMP_{X_1} = P_{X_1}$ … (1)

สำหรับปัจจัยการผลิต X_2 : $VMP_{X_2} = P_{X_2}$ … (2)

นำสมการที่ (1) มาหารด้วยสมการที่ (2) จะได้

$$\frac{VMP_{X_1}}{VMP_{X_2}} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

จะทำให้ได้เงื่อนไขเดียวกับการหาปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตเพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำสุด

$$MRS_{12} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

แบบฝึกหัด

3. กำหนดให้ฟังก์ชันการผลิตเป็นดังนี้

$$Y = 20X_1^{0.5}X_2^{0.5}$$

เมื่อ Y คือปริมาณผลผลิตทั้งหมดจากการใช้ปัจจัยการผลิต X_1และ X_2 และ X_1 คือ ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตชนิดที่ 1 และ X_2 คือ ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตชนิดที่ 2 โดยกำหนดให้ ราคาของ X_1 เท่ากับ 100 บาทต่อกก. และ ราคาของ X_2 เท่ากับ 1,000 บาทต่อกก. จงหา

1. อัตราส่วนการทดแทนกันของปัจจัยการผลิต (Marginal rate of input substitution)
2. ค่าความชันของเส้นต้นทุนเท่ากัน
3. เงื่อนไขในการเลือกใช้ปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำที่สุด
4. ระดับการใช้ปัจจัยการผลิตที่ทำให้เสียต้นทุนต่ำสุดโดยวิธี Calculus ณ Y=160 หน่วย

แบบฝึกหัด

4. กำหนดฟังก์ชันการผลิต คือ

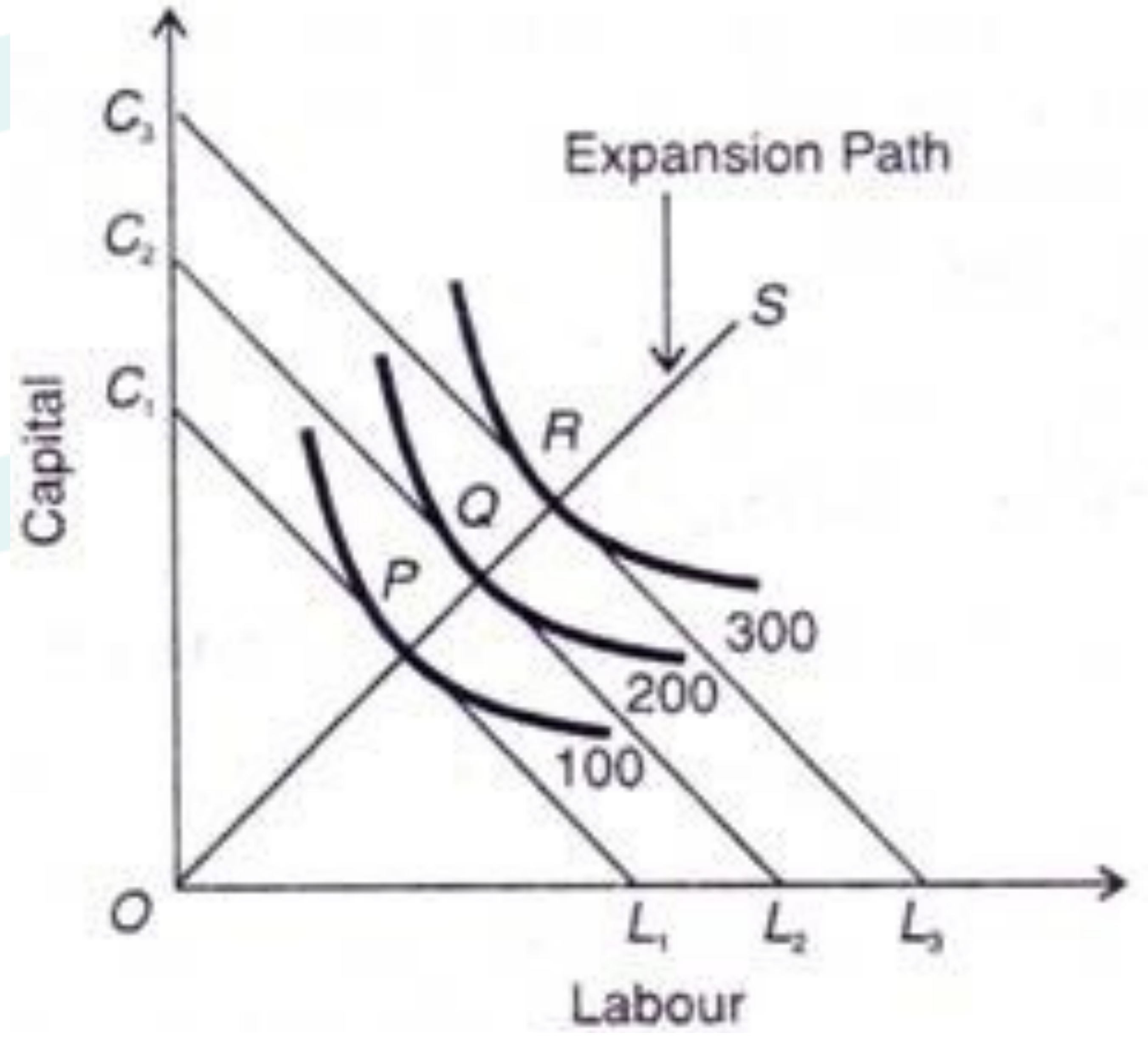
$$Y = X_1^{\frac{1}{5}} X_2^{\frac{3}{5}}$$

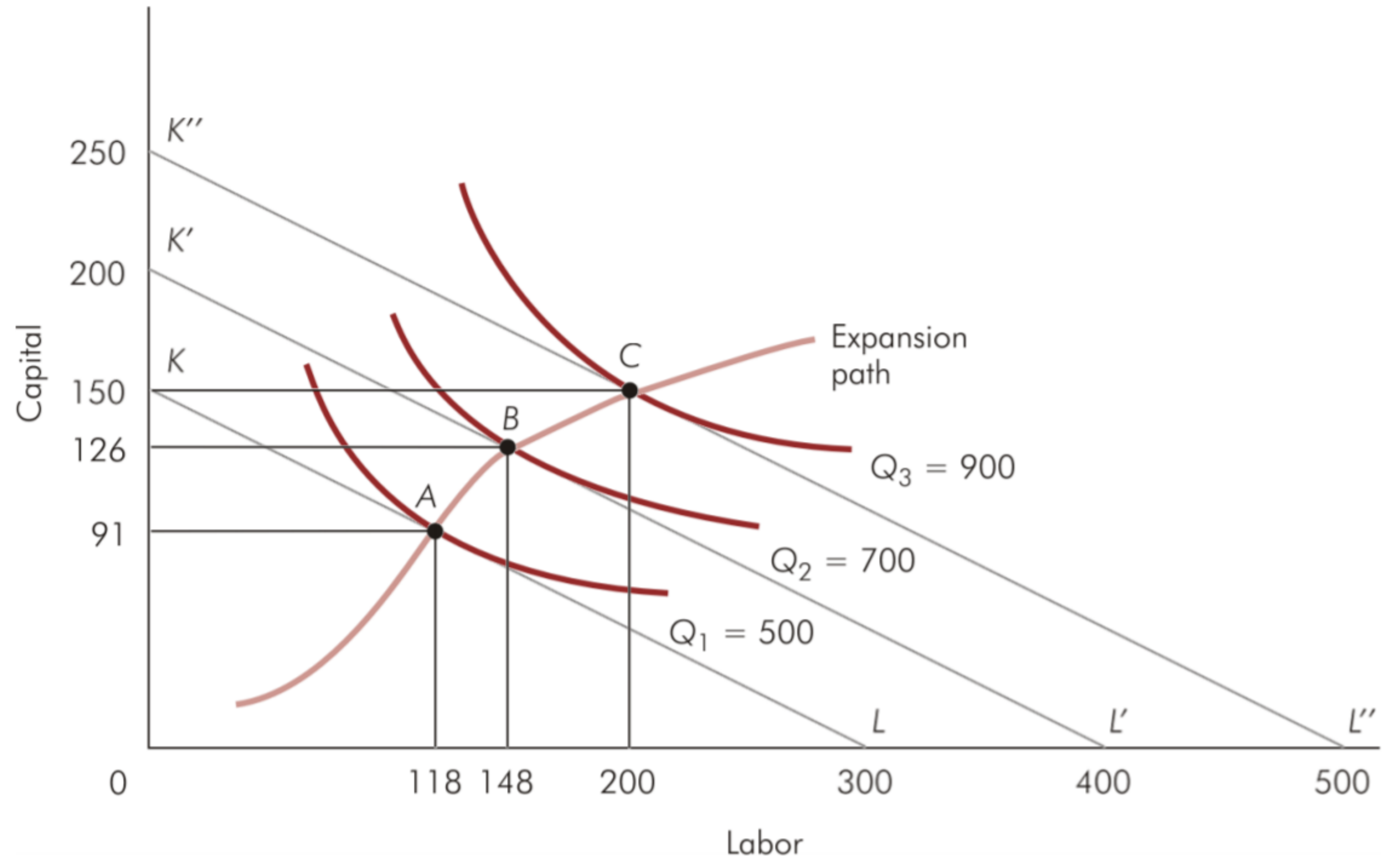
หากกำหนดให้ $P_{x1} = 3$, $P_{x2} = 1$ และ $P_y = 10$ จงหา

1. อัตราส่วนการทดแทนกันของปัจจัยการผลิต (Marginal rate of input substitution)
2. ค่าความชันของเส้นต้นทุนเท่ากัน
3. เงื่อนไขในการเลือกใช้ปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำที่สุด
4. ระดับการใช้ปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนต่ำสุด ณ Y=144 หน่วย
5. พิสูจน์ว่า ณ ระดับการใช้ปัจจัยการผลิตดังกล่าวก่อให้เกิดกำไรสูงสุดด้วยหรือไม่ หากได้กำไรสูงสุด ได้กำไรสูงสุดเท่าไหร่

4.5 เส้นไอโซไคลน์ และเส้นขยายการผลิต (Isocline and Expansion Path)

- เส้นไอโซไคลน์ คือ เส้นที่เชื่อมต่อจุดต่างๆ บนเส้นผลผลิตเท่ากันที่มีค่าความชันเท่ากัน (เส้นริดจ์ก็คือเส้นไอโซโคลน์เช่นเดียวกัน แต่เส้นริดจ์เชื่อมต่อจุดที่ค่า marginal product เท่ากับ 0 บนเส้นผลผลิตเท่ากัน)
- เส้นไอโซไคลน์ ที่เชื่อมจุดต่างๆ บนเส้นผลผลิตเท่ากันที่มีค่าความชันเท่ากัน ณ จุดต้นทุนต่ำสุด เรียกว่า เส้นขยายการผลิต (Expansion Path)





Source: http://www.yourarticlelibrary.com/economics/the-choice-of-optimal-expansion-path-explained-with-diagram-managerial-economics/28634/

Source: http://nptel.ac.in/courses/110101005/downloads/Lecture%2018.pdf

เส้นขยายการผลิต (Expansion path)

สมการการผลิตของเส้น Expansion path สามารถคำนวณได้โดยการคำนวณหาค่า $MPPx_2/MPPx_1 = Px_2/Px_1$ (ในกรณีที่เอา X2 ไปแทน X1)

ตัวอย่าง ฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas

$$Y = aX_1^{0.5}X_2^{0.5}$$

$$MPP_{x1} = \frac{dY}{dX_1} = 0.5aX_1^{-0.5}X_2^{0.5}$$

$$MPP_{x2} = \frac{dY}{dX_2} = 0.5aX_1^{0.5}X_2^{-0.5}$$

$$MRS_{X_1X_2} = \frac{0.5aX_1^{-0.5}X_2^{0.5}}{0.5aX_1^{0.5}X_2^{-0.5}} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

$$MRS_{X_1X_2} = \frac{X_2}{X_1} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

Note สัดส่วนที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด

$$MRS_{X_1X_2} = \frac{MPP_{X_1}}{MPP_{X_2}} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

ดังนั้น สมการเส้นขยายขนาดการผลิต $X_2 = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}X_1$

แบบฝึกหัด: เส้นขยายการผลิต (Expansion path)

สมการการผลิตของเส้น Expansion path สามารถคำนวณได้โดยการคำนวณหาค่า $MPPx_2/MPPx_1 = Px_2/Px_1$ (ในกรณีที่เอา X2 ไปแทน X1)

จากฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas

$$Y = 3X_1^{\frac{3}{4}}X_2^{\frac{1}{4}}$$

ให้ $Px_1=9$ $Px_2=7$

ให้หาส่วนผสมของ X_1 และ X_2 ที่เสียต้นทุนน้อยที่สุด (Expansion Path function)

แบบฝึกหัด: เส้นขยายการผลิต (Expansion path)

สมการแบบ Quadratic function

$$Y = 18X_1 - X_1^2 + 14X_2 - X_2^2$$

ให้ $Px_1=12$ $Px_2=5$

ให้หาส่วนผสมของ X_1 และ X_2 ที่เสียต้นทุนน้อยที่สุด (Expansion Path function)

4.6 เงื่อนไขทั่วไปของเส้นขยายการผลิต (General Expansion Path Conditions)

- เงื่อนไขสำหรับการเลือกระดับปัจจัยการผลิต 2 ชนิดที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด คือ

$$\frac{VMP_{X_1}}{P_{X_1}} = \frac{VMP_{X_2}}{P_{X_2}} = 1 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\textbf{Equi-marginal principle}}$$

- เงื่อนไขสำหรับการเลือกระดับปัจจัยการผลิต 2 ชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดกำไรสูงสุด คือ

$$\frac{VMP_{X_1}}{P_{X_1}} = \frac{VMP_{X_2}}{P_{X_2}} > 1$$

4.7 การหาอุปสงค์ต่อปัจจัย กรณีมีปัจจัยการผลิต 2 ชนิด

กำหนดฟังก์ชันการผลิต:

$$Y = f\left(X_1, X_2\right)$$

จะได้ฟังก์ชันกำไร:

$$\pi\left(X_1, X_2\right) = P_y \bullet f\left(X_1, X_2\right) - P_{X_1}X_1 - P_{X_2}X_2$$

ตามเงื่อนไข F.O.C: $\frac{\partial \pi}{\partial X_1} = 0$ และ $\frac{\partial \pi}{\partial X_2} = 0$

จะทำให้สมการอุปสงค์ต่อปัจจัยการผลิต ดังนี้

$$X_1 = g(P_y, P_{X_1}, P_{X_2})$$

$$X_2 = g(P_y, P_{X_1}, P_{X_2})$$

แบบฝึกหัด

จากฟังก์ชันการผลิต

$$Y = X_1^{\frac{1}{5}} X_2^{\frac{3}{5}}$$

ให้ Px_1=3 บาท/กก. Px_2=1 บาท/กก. Py=10 บาท/กก. และระดับการผลิต Y^0=144 กก./ไร่

จงหาระดับการใช้ปัจจัยการผลิตที่เสียต้นทุนน้อยที่สุดคือเท่าใด คิดเป็นเงินกี่บาท และได้กำไรเท่าใด

$$MRS_{12} = \frac{MPP_{X_1}}{MPP_{X_2}} = \frac{P_{X_1}}{P_{X_2}}$$

แบบฝึกหัด

กำหนดฟังก์ชันการผลิต

$$Y = X_1^{\frac{2}{5}} X_2^{\frac{3}{5}}$$

จงหาฟังก์ชันอุปสงค์ของปัจจัยการผลิต X_1 และ X_2

เมื่อกำหนดให้ P_y คือ ราคาผลผลิต Y

P_{X1} คือ ราคาปัจจัยการผลิต X_1 และ P_{X2} คือ ราคาปัจจัยการผลิต X_2

แบบฝึกหัด

4.1 กำหนดให้ $Y = f(X_1, X_2)$ โดยที่ Y คือ ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) X_1 คือ แรงงานคน (ชั่วโมงต่อไร่) และ X_2 คือ เครื่องจักรกล (ชั่วโมงต่อไร่) ในการใช้ปัจจัยการผลิตทั้งสองชนิดเมื่อการใช้เครื่องจักรกลทดแทนแรงงานมากขึ้นทำให้อัตราการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงาน (marginal rate of substitution, $MRS_{X_2X_1}$) มีค่าลดลง จงวาดกราฟแสดงเส้นผลผลิตเท่า (isoquant) และให้เหตุผลประกอบ

4.2 จงวาดกราฟแสดงเส้น Ridge line สำหรับ X_1 และ X_2 และเส้นผลผลิตเท่า (isoquant map) และอธิบายว่าทำไมการใช้ปัจจัยการผลิตที่อยู่นอกขอบเขตของเส้น Ridge line แสดงถึงการผลิตระยะที่ 3

4.3 กำหนดฟังก์ชั่นการผลิตข้าวโพด คือ $Y = X_1^{4} X_2^{6}$ เมื่อ X_1 คือ เมล็ดพันธุ์ (กิโลกรัมต่อไร่) และ X_2 คือ ปุ๋ยยูเรีย (กิโลกรัมต่อไร่) โดยที่ราคาเมล็ดพันธุ์ = 80 บาทต่อกิโลกรัม ปุ๋ยยูเรียราคา 60 บาทต่อกิโลกรัม

1) จงหาสมการเส้นขยายการผลิต (Expansion path equation)

2) เมื่อเกษตรกรต้องการผลิตข้าวโพด 1,024 กิโลกรัม เขาควรใช้เมล็ดพันธุ์และปุ๋ยยูเรียเท่าไรจึงจะเหมาะสม

3) ถ้าราคาข้าวโพดเท่ากับ 10 บาทต่อกิโลกรัม และเกษตรกรไม่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณการผลิต การใช้เมล็ดพันธุ์และปุ๋ยยูเรียจากข้อ 7.2 จะเป็นการผลิตที่ให้กำไรสูงสุดตามแนวเส้นขยายการผลิตหรือไม่